

УДК 677.055.621.3.015

## РОЗРАХУНКИ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ СТЕРЖНЬОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПАНЧІШНИХ АВТОМАТІВ

С. В. БАРИЛКО

Київський національний університет технологій та дизайну

*Запропоновано упорядкування розрахунків довговічності за критерієм втомленісної міцності стержньових елементів голкового циліндра панчішно-шкарпеткових автоматів на різних етапах їх існування. Наведено основні положення визначення заданої довговічності стержньових елементів за результатами експлуатаційних спостережень автоматів у виробничих умовах.*

Виробництво високопродуктивного обладнання в умовах підвищення швидкісних режимів передбачає забезпечення необхідного рівня надійності, що досягається при застосуванні розрахунків деталей машин на довговічність за критерієм втомленісної міцності. Актуальність такої постановки завдання посилюється для стержньових елементів панчішних автоматів (в'язальні голки, селектори, штовхачі тощо), розміри яких в небезпечних перерізах обмежено. Для розрахунку стержньових елементів на довговічність використовують переважно криву втомленості їх матеріалу, силовий аналіз та нагромадження статистичних даних щодо терміну служби до руйнування.

### **Об'єкт та методи дослідження**

Об'єктом досліджень взято розрахунки довговічності за критерієм міцності від утомленості стержньових елементів панчішних автоматів. Використовували математичний апарат для статистичної обробки результатів експлуатаційних спостережень та теорії надійності і положення опору матеріалів при циклічних навантаженнях.

### **Постановка завдання**

Враховуючи доцільність забезпечення втомленісної довговічності стержньових елементів нових панчішних автоматів та тих, що удосконалюються, статтю присвячено упорядкованості розрахунків стержньових елементів на довговічність на різних етапах життєвого циклу автоматів.

### **Результати та їх обговорення**

Положення попередніх розрахунків довговічності стержньових елементів стосуються удосконалення існуючих та проектування нових автоматів на основі даних, отриманих при експериментальних спостережень [1]. Розраховували довговічність стержньових елементів, застосовуючи рівняння Велера:

$$\sigma_{e1}^m N_{p1} = \sigma_{e2}^m N_{p2}, \quad (1)$$

де  $m$  – стала для розрахункової ділянки кривої втомленості, яку побудовано за даними експлуатаційних спостережень стержньових елементів;  $\sigma_{ei}$  – еквівалентне напруження в небезпечному перерізі стержньового елемента;  $N_{pi}$  – відповідно розрахункове число циклів навантаження стержньових елементів до руйнування.

Еквівалентні напруження після модернізації при дії ступінчастого навантаження в режимі з вираженою закономірністю чергування різних рівнів за один цикл щодо умов навантаження стержньових елементів визначали за формулою:

$$\sigma_{e2} = \sqrt[m]{\frac{n_1}{N_{p1}n_2}} (\sigma_{I2}^m N_{I2} + \sigma_{II2}^m N_{II2} + \sigma_{III2}^m N_{III2}) , \quad (2)$$

де  $\sigma_{Ii}, \sigma_{IIi}, \sigma_{IIIi}$  – напруження в небезпечному перерізі стержньового елемента при різних умовах навантаження;  $N_{Ii}, N_{IIi}, N_{IIIi}$  – числа циклів навантаження стержньового елемента до руйнування при відповідній взаємодії. Після спрощення отримали:

$$\sigma_{I2} = \sigma_{I1} \sqrt[m]{\frac{n_1}{n_2}} ; \sigma_{II2} = \sigma_{II1} \sqrt[m]{\frac{n_1}{n_2}} ; \sigma_{III2} = \sigma_{III1} \sqrt[m]{\frac{n_1}{n_2}} . \quad (3)$$

Таким чином, для збереження ресурсу елемента, що розраховується за критерієм втомленої міцності при підвищенні частоти обертання голкового циліндра в  $n_2/n_1$  раз, необхідно зменшити еквівалентні напруження в їх небезпечних перерізах в  $\sqrt[m]{n_1/n_2}$  рази.

Наведені положення розрахунку також справедливі для оцінки заходів при збільшенні ресурсу стержньових елементів, зміні кількості навантажень у системі, жорсткісних та інерційних параметрів елементів тощо. Оскільки попереднє проектування стержньових елементів виконувалось не по заданій, а по обмежній довговічності, уточнюючі розрахунки доцільно вести за критерієм втомленісної міцності. У цих розрахунках використовуються закон зміни і число навантажень, а також параметри втомленості елементів, які відповідають умовам їх роботи. На прикладі селекторів панчішних автоматів попередньо проводили:

- випробування на витривалість селекторів, результати яких дозволяють інтегрально врахувати вплив напруженого стану на опір втомленості небезпечного перерізу селекторів і визначити функцію розподілу меж їх втомленості;
- дослідження навантаження селекторів при різних режимах експлуатації на серійних автоматах за відомими аналітичними залежностями;
- оцінку навантаженості селекторів.

За характеристиками навантаженості будували праву гілку кривої втомленості стержньових елементів, за допомогою якої можливо визначати цикли навантаження до руйнування для випадку відповідного еквівалентного напруження на селекторах. Для розрахунків селекторів на довговічність в ймовірнісному аспекті доцільно використовувати залежність виду [2]:

$$\lg \bar{N}_i = -0,381\sigma_{-1DN_i} + 14,345 + 0,216U , \quad (4)$$

де  $\bar{N}_i$  – випадкова величина довговічності в циклах навантаження; відповідне числу циклів навантаження  $N_i$  детерміноване значення межі втомленості деталі  $\sigma_{-1DN_i}$ ;  $U$  – нормована випадкова величина, яка розподілена по нормальному закону з математичним сподіванням  $m_U = 0$ .

Залежність (4) отримано в результаті обробки даних натурних стендових навантажень селекторів до їх втомленісного руйнування, що пов'язано зі значними тривалістю та витратами випробувань.

Тому пропонується використовувати побудову правої гілки кривої втомленості стержньових елементів за даними спостережень панчішних автоматів з фіксацією їх напрацювань до відмови по відповідному критерію.

Кількість циклів навантажень селекторів до втомленісного руйнування визначали за числом  $\nu_{\text{бл}}$  однакових блоків навантаження до їх втомленісного руйнування за формулою  $N = N_{\text{бл}} \cdot \nu_{\text{бл}}$ , де  $N_{\text{бл}}$  – кількість циклів навантаження селектора, яке виникає при взаємодії з клинами різної конструкції при виготовленні типового виробу.

Квантили нормального розподілу  $u_{P_i}$ , які відповідають ймовірностям руйнування  $P_i$ , % при різних значеннях  $n_{P_i}$ , які характеризують відносний рівень змінного навантаження, обчислювали за

$$u_{P_i} = \frac{1 - \bar{n}_i}{\sqrt{n^2 \nu_{\sigma-1D}^2 + \nu_a^2}}, \quad (5)$$

де  $n = \frac{\bar{\sigma}_{aMAX}}{\bar{\sigma}_{-1D}}$ ,  $\bar{n}_i = \frac{n_{P_i}}{n}$ , а  $\bar{\sigma}_{-1D}$ ,  $\bar{\sigma}_{aMAX}$  – медіанні значення межі втомленості деталі і максимальних

діючих напружень у небезпечному перерізі селектора;  $\nu_{\sigma-1D}$  і  $\nu_a$  – відповідно коефіцієнти варіації.

При підстановці у вираз (5) числа циклів навантаження селекторів  $\bar{N}_i$  до втомленісного руйнування та  $\bar{\sigma}_{-1D}$  отримали  $u_{P_i}$ , що дозволило визначити ймовірність погодження результатів натурних стендових випробувань та досліджень на базі експлуатаційних спостережень і підтвердило можливість використання останніх у розрахунках на довговічність.

### Висновки

Запропоновано розрахунки стержньових елементів панчішних автоматів на втомленісну міцність, які базуються на використанні ймовірнісних фізико-механічних характеристик матеріалу деталі та діючих навантажень, що забезпечує підвищення точності результатів порівняно з традиційними детермінованими методами. У представлених положеннях розрахунків стержньових елементів технологічного обладнання на втомленісну міцність наведено послідовність побудови кривої втомленості деталей складних форм на прикладі селекторів за даними експлуатаційних спостережень у виробничих умовах. Встановлено погодженість результатів натурних стендових та випробувань у виробничих умовах стержньових елементів на прикладі селекторів панчішних автоматів, що підтверджує практичну можливість використання розрахунків довговічності на базі даних експлуатаційних спостережень.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Березін Л.М. Ймовірнісний розрахунок довговічності селекторів по критерію міцності від утомленості. Вісник КНУТД, 2006, №3(29), – с.35–41.
2. Березін Л.М., Барилко С.В. До розрахунку довговічності селекторів панчішно-шкарпеткових автоматів по критерію утомленісної міцності. Вісник КНУТД, 2007, №5(37). – с.32–35.

Надійшла 29.05.2009